

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-224972

(43)Date of publication of application : 17.08.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18  
H01L 33/00

(21)Application number : 10-337197

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 27.11.1998

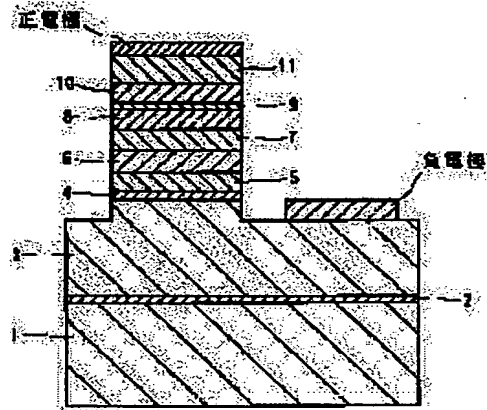
(72)Inventor : NAGAHAMA SHINICHI  
IWASA SHIGETO  
NAKAMURA SHUJI

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To enhance the luminous output of a semiconductor laser by a method, wherein first second and third N-type layers and an active layer having a multiple quantum well structure are laminated on an N-type contact layer, and the laminated material is formed into a double heterostructure.

**SOLUTION:** A selective etching is performed from a P-type contact layer 11 of a wafer formed into a structure, wherein a buffer layer 2 and a contact layer 3 are grown on the surface of a sapphire substrate 1. A first n-type layer 4 consisting of an n-type InGaN layer, a second N-type layer 5 consisting of an n-type AlGaN layer, a third n-type layer 6 consisting of an n-type GaN layer, and an active layer 7 consisting of a multiple quantum well structure, are grown on the layer 3 and three layers of p-type nitride semiconductor layers 8, 9 and 10, the p-type contact layer 11 are laminated on the layer 7, the surface of the n-type contact layer 3 is made to expose, and stripped electrodes are respectively formed on the exposed surface of the layer 3 and the surface of the layer 11. The grown layers 3 to 7, the laminated layers 8, 9, 10 and 11 are etched from the direction intersecting orthogonally the layers 3 to 11, the electrode on the layer 11, vertical etched end surfaces are formed to form a reflecting mirror, and the reflecting mirror is used as a resonance surface.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	27.11.1998
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	16.07.2002
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3371830
[Date of registration]	22.11.2002
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2002-15677
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	15.08.2002
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



子井戸構造を有する活性層では、井戸層の厚度が70オングストローム以下であり、障壁層の厚度が150オングストローム以下であることが望ましい。

【0007】さらに、本発明の発光素子は、前記第二の  $n$  型層が光閉じ込め層であり、前記第三の  $n$  型層が光ガイド層であり、前記第二の  $p$  型層が光ガイド層であり、前記第三の  $p$  型層が光閉じ込め層であることが望ましい。

【0008】本発明の発光素子において、多重量子井戸構造（MQW：Multi-quantum-well）を構成するInを含有窒化物半導体層によりなり、三元混晶のInGaMgAlN（ $0 < X \leq 1$ ）が好ましく、また障壁層も同様に三元混晶のInGaAlN（ $0 < Y < 1$ ）が好ましく、三元混晶のInGaMgAlNは因り障壁層のものに比べて結晶性が良い物が見られるので、発光出力が向上する。また障壁層は井戸層よりバンドギャップエネルギーを大きくして、井戸層障壁と井戸＋・・・障壁と井戸層を大なるように積層して多重量子井戸構造を構成する。このように活性層をInGaMgを調製したMQWとすると、量子点間発光で約365nm〜660nm間での高出力LEDを実現することができ、

【0009】LDを実現する場合、活性層の厚さ、つまり井戸層と障壁層を間隔した活性層の総厚さは200オングストローム以上に調整することが好ましい。200オングストロームよりも薄いと、十分に出力が上がり、レーザ発振しにくい傾向にある。また活性層の厚さも必ずしも出力が低下する傾向にあり、0.5μm以下に調整することが望ましい。

【0010】さらに井戸層の厚率は70オングストローム以下、さらに望ましくは50オングストローム以下に調整することが好ましい。図2は井戸層の厚度と発光出力との関係を示す図であり、発光出力はLED素子について示している。出力に關してはLEDでも同様のことが云える。これはこの厚度がInGaIn井戸層の境界厚であること、これはこの厚度がInGaIn井戸層の境界厚であること、これはこの厚度がInGaIn井戸層の境界厚であることを示している。InGaInでは電子のボーア半径が約30オングストロームであり、このためInGaInの量子効果が70オングストローム以下で現れる。

【0011】また隔壁の厚さも150オングストローム以下、さらに望ましくは100オングストローム以下の厚さに調整する事が望ましい。図3は隔壁厚と膜厚と発光出力との関係を示す図であり、発光出力は図2と同様に、LED素子について示すものであるが、LEDに同じくも同様のことが云える。

【0012】次に本発明の発光素子では活性層に接しては少なくともAlを含むp型の窒化物半導体、好ましくは三元混晶若しくは二元混晶のAl<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>In<sub>1-y</sub>N<sub>y</sub> (0<Z≤1)よりなるp型クラッド層が形成されていることが望ましい。さらにこのAlGaNは1μm以下、さらに好ましくは10オングストローム以上、0.5μm以下に

と、アンモニアを用い、温度500℃でサファイア基板の表面にGaNよりなるバッファ層2を200オングストロームの厚で成長させ、

【0017】このバツファ層は基板と窒化物半導体との格子不整合を緩和する作用があり、他にAlN、AlGaN等を成長させることも可能である。また基板にはサファイアの他にスピネル110面 (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、SiC、MgO、Si、ZnO等の導晶品よりなる従来より知られている基板が用いられる。このバツファ層を成長させることにより、基板の上に成長させるn型窒化物半導体の結晶性が良くなることが知られているが、成長方法、基板の種類等によりバツファ層が成長されない場合もある。

【0018】 焼成温度を1050℃に上げ、原料ガスにTMG、アンモニア、ドナー不純物としてSiH<sub>4</sub>（シラン）ガスを用いて、SiドープGaNとなり、n型コンダクト層3を4μmの厚で成長させた。n型コンダクト層3はGaNとすることによりキャリア濃度の高い層が得られ、電極材料と好ましいオーミック接触が得られる。

【0019】次に温度を750℃まで下げ、原料ガスにTMG、TMI（トリメチルインジウム）、アンモニア、不純物ガスにシランガスをを用い、SiドープIn<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nよりなる第一のn型層4を500Åの厚で成長させた。

【0020】この第一の型層4はInを含むn型の窒化物半導体、好ましくはInGaNで成長させることに伴い、次に成長させるAlを含む窒化物半導体を厚膜で成長させることが可能となる。LDの場合は、光閉じ込め層、光ガイド層となる場合、例えば0.1 $\mu$ m以上の厚膜で成長させる必要がある。従来ではGa<sub>x</sub>Al<sub>1-x</sub>GaNの上に直接厚膜のAl<sub>1-x</sub>GaNを成長させること、後に成長させたAl<sub>1-x</sub>GaNにクラックが入ることで素子としての製造が困難であったが、第一のn型層がバッファ層として作用する。つまり、この層がバッファ層となり次に成長させるAlを含む窒化物半導体層にクラックが入るのを防止することができる。しかも次に成長させるAlを含む窒化物半導体層を厚膜で成長させることも膜質良く成長させる。なお第一のn型層は1000Å程度ストローム以上、0.5 $\mu$ m以下の厚膜で成長させることが好ましい。1000Å程度ストロームよりも薄いと前記のようにバッファ層として作用しにくく、0.5 $\mu$ mよりも厚いと、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、この第一のn型層4は省略することも可能。

【0021】次に、温度を105.0℃にして、原料ガスにTEG、TMA（トリメチルアルミニウム）、アンモニア、不純物ガスにシランガスを用いて、Siドープn型A10.3Ga0.7Nよりなる第二のn型層5を0.5 $\mu$ mの膜厚で成長させた。この第二のn型層はLDの場合の光閉じ込め層として作用し、透射0.1 $\mu$ m $\times$ 1 $\mu$ mの

膜厚で成長させることが望ましい。

【0022】続いて、原料ガスにTMG、アンモニア、不純物ガスをシランガスを用い、Siドープn型GaNを厚さ約第三のn型層6を500Åオーダーの膜厚で成長させた。この第三のn型層はLDの場合、光ガイド層として作用し、通常1000Åオーダー～1μmの膜厚で成長させることが望ましく、GaNの他にInGaIn等のInを含む、型変化物半導体で成長させることもでき、特にInGaIn、GaInとすることにより次の活性層を量子井構造とすることが可能になる。

【0023】次に原料ガスにTMG、TM<sub>1</sub>、アンモニアを用いて活性層7を成長させる。活性層7は厚度を750℃に保持して、まずノンドープIn<sub>0.20</sub>Ga<sub>0.8</sub>Nよりなる井戸層を25オングストロームの厚度で成長させる。次にTM<sub>1</sub>のモル比を変化させるのみで同一厚度で、ノンドープIn<sub>0.01</sub>Ga<sub>0.99</sub>Nよりなる障壁層を5オングストロームの厚度で成長させる。この操作を10回繰り返して、最後に井戸層を成長させ総厚0.1 $\mu$ mの厚層の多量重子井戸層を成長させる総厚層7を成長させた。井戸層の好ましい厚層は100オングストローム以下、障壁層は150オングストローム以下の厚度で成長することにより、井戸層、障壁層が弾性的に变形して、結晶欠陥が少なくなり、素子の出力が飛躍的に向上するので、レーザ発振が可能となる。さらに井戸層はInGa<sub>x</sub>N等のInGa<sub>x</sub>Nを含む化合物半導体、障壁層はGa<sub>x</sub>N、InGa<sub>x</sub>N等で構成することが望ましく、特に井戸層、障壁層の両方がInGa<sub>x</sub>Nとすること、成長速度が一定に保たれるので生産技術が単純に好ましい。

【0024】活性層 7 成長後、温度を 1050℃ にして TMG、TMA、アンモニア、アクセタート不純物類として Cp2Mg、シクロペンタジエニルマグネシウムを用い、Mg ドープ p 型 A1 0.2 Ga 0.8 N よりなる第一の p 型層 8 を 100 オングストロームの厚度で成長させた。この第一の p 型層 8 は 1 μm 以下、さらに好ましくは 0.1 μm 以下の厚度で成長させることにより、In Ga N よりなる活性層が形成されるのを防止するキャップ層としての作用があり、また活性層の上に Al を含む p 型よりなる第二の p 型層 9 を成長させることにより、発光出力が向上する。また p 型アクセタート層は Zn、Mg、Cd、Ca、Be、C 等のアクセタート不純物を成長中にドーピングすることにより得られる。その中でも Mg が最も好ましい p 型特性を示す。さらに、アクセタート不純物をドーピングした後、不活性ガス雰囲気中 400℃ 以上のアニーリングを行うとともに好ましい p 型が得られる。

【0025】次に温度を1050℃に保持しながら、T MG、アンモニア、Cp2Mgを用いMgドープp型Gaよりなる第二のp型層9を500オングストロームの厚で成長させた。この第二のp型層9はLDの増

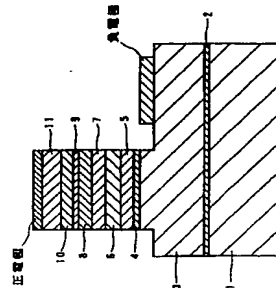
合、光ガイド層として作用し、通常1000Åのストローム〜1μmの膜厚で成長させることが望ましく、Ga<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>N等のInを含むp型窒化物半導体で成長させることもでき、特にInGa<sub>0.5</sub>N、Ga<sub>0.5</sub>Nとするにより次のAlを含む第三のp型層10を結晶性良く成長できる。

【0026】続いて、TMG、TMA、アンモニア、Cp2Mgを用いてMgドープAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Nよりなる第三のp型層10を0.5μmの膜厚で成長させた。この第三のp型層10はLEDの場合、光閉じ込め層として作用し、0.1μm〜1μmの膜厚で成長させることが望ましく、AlGa<sub>0.5</sub>Nのよむp型窒化物半導体とすることにより、好ましく光閉じ込め層として作用する。

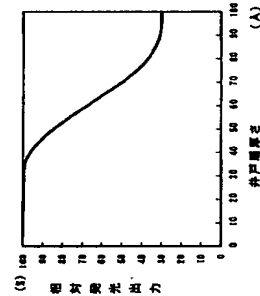
【0027】続いて、TMG、アンモニア、Cp2Mgを用い、Mgドープp型Ga<sub>0.5</sub>Nよりなるp型コンタクト層11を0.5μmの膜厚で成長させた。このp型コンタクト層はMgを含むGa<sub>0.5</sub>Nとすると、最もキャリア濃度の高いp型層が得られて、正電極の材料と良好なオーミック接合が得られる。

【0028】以上のようにして窒化物半導体を積層したウェーハを反応容器から取り出し、図1に示すように最上層のp型コンタクト層11より通孔エッチングを行い、n型コンタクト層3の表面を露出させ、露出したn型コンタクト層3と、p型コンタクト層11の表面にそれぞれストライプ状の電極を形成した後、ストライプ状の電極に直交する方向から、さらにエッチングを行い垂直なエッチング端面を形成して、そのエッチング面に常法に従って反射鏡を形成して共振面とした。共振面から見たレーザ素子の断面図が図1に示す断面図である。このレーザ素子をヒートシンクに設置し、LDとしたところ、非常に優れた結晶が獲得できていたため、常法に

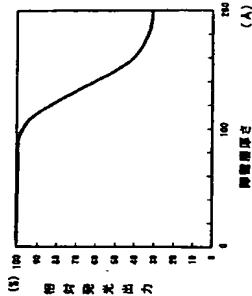
【図1】



【図2】



【図3】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**